

Technical Article

より鮮明なビジョン: ロボットのナビゲーション性能を向上させる
LiDAR

Rachel Scheller

LiDAR 技術は、ロボット工学および自律システムがさまざまな環境で安全にセンシング、反応、動作する方法を継続的に向上させています。このテクノロジーは数十年前に開発されたものの、最近の開発により、図 1 に示す自動移動型ロボット (AMR) などのロボットにも採用されるようになりました。



図 1. LiDAR を使用してナビゲーションを行う AMR

人気の映画シリーズでは、ロボットが自動車から人間のような個性を持つ完全な機能を備えたロボットに変形します。現実のロボットには、こうした高度な知性はまだありません。現代のロボットが世界を移動するには、予測できない障害物に対応するための「目」としてカメラが必要です。

車載分野においては、車両や乗員、歩行者の安全を確保するために、カメラだけでなく、あらゆるナビゲーション手法を利用できることが有用であるのは容易に理解できます。センサ フュージョンと呼ばれる一連のセンシング・モジュールを使用することで、LiDAR、レーダー、カメラなどのナビゲーション手法が並行して動作し、距離や速度の測定を行います。センサ・フュージョンは、車両が周囲の環境にある障害物を最も的確に把握するための視界を提供します。

そのため、ロボット分野における LiDAR 技術の進歩は、従来のカメラ ベースのシステムの限界を克服しながら、AMR の多様な環境への展開を後押しし、環境認識、障害物検出、リアルタイムの反応能力をさらに高めることに貢献します。

車載用 LiDAR と産業用 LiDAR の比較

商用車では、機械式スキャン方式の LiDAR が車両の上部やシャーシの側面に取り付けられているのが見られます(図 2 を参照)。ホッケーのパックほどのサイズの LiDAR モジュールには、1 モジュールあたり 32 ~ 128 チャンネルが搭載されていることが多く、平均 0.2 秒で 360 度回転するという非常に高速な動作を実現しています。A/D コンバータ (ADC) ベースのシステムを備えた光学式タイム・オブ・フライト (ToF) アーキテクチャは、LiDAR モジュールごとにチャンネルあたりの情報量を増やすことを可能にしますが、その分、消費電力とサイズが大きくなるというトレードオフがあります。

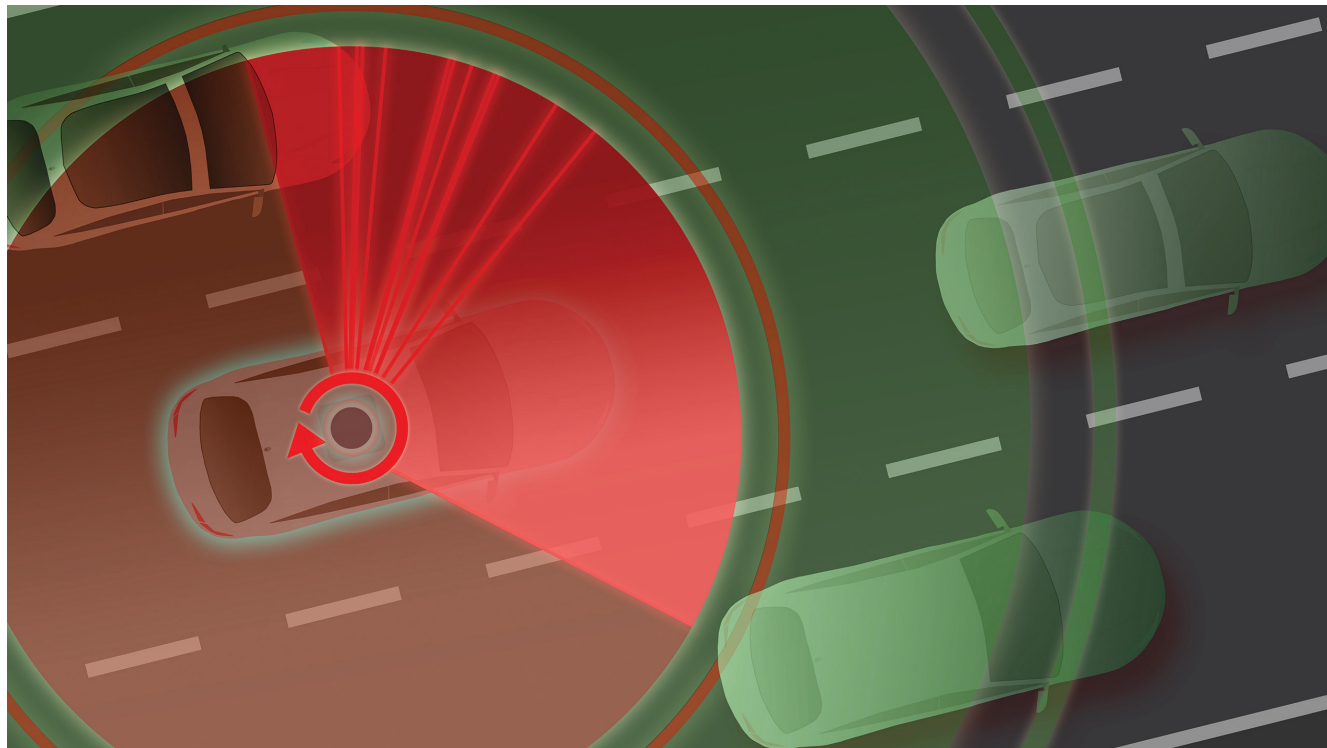


図 2. シャーシの上部中央にある機械的にスキャンされる LiDAR モジュール

ADC を搭載した LiDAR モジュールは、3 次元または 4 次元のポイント クラウドを生成できることから、3D 設計や 4D 設計と呼ばれることがよくあります。

産業用 LiDAR は基本的な技術は同じですが、モジュールあたりのチャンネル数が少ないことが多く、場合によっては 1 チャンネルのみのこともあります。構造が簡素でサイズも小さいことから、産業用モジュールはコストや消費電力が抑えられる傾向にあり、ロボット設計への統合も容易になります。産業用 LiDAR システムは、2 次元のポイント クラウドを生成するか、1 次元の距離測定のみを行うかに応じて、2 次元または 1 次元に分類されます。

産業用 LiDAR の用途には、交通監視、港湾およびターミナルの監視、配送倉庫でのナビゲーションおよび監視、AMR、自律型産業車両、さらにスマートフォンやタブレットなどのパーソナル エレクトロニクスが含まれます。

LiDAR はロボットにどのような利点をもたらしますか？

AMR がこれまで以上に多様な場所へ導入され、より自律的に移動するようになる中で、カメラだけでは不十分な場合があります。住宅街の歩道を AMR 配送ユニットが走行している様子を想像してみてください。歩道上にも、車、ゴミ箱、歩行者、自転車、子どものおもちゃなど、ロボットのナビゲーション能力に影響を与える可能性のある障害物が存在することがあります。

AMR は、これらの障害物を検出し、影響の可能性を評価したうえで、それに応じた対応をリアルタイムで行うことが重要です。LiDAR モジュールを追加することで、環境の変化 (たとえば、進行方向に転がってきたボール) を AMR が検知し、迅速に反応して衝突を回避するために必要な解像度と応答時間が得られます。図 3 は混雑した歩道に沿って移動する LiDAR を搭載した AMR を提示します。



図 3. 屋外を移動する AMR

カメラは高解像度の画像を提供できますが、距離の正確な測定は苦手です。これは、AMR がそのまま走行を続けるべきか、進路を変更すべきかを判断するうえで重要な要素となります。

さらに、AMR はあらゆる照明条件や天候下でも動作できる必要があります。LiDAR 技術は、これらの条件に左右されることがなく、外部光源も必要としません (これはカメラ ベースのシステムにおける制約のひとつです)。

ロボットによる LiDAR の採用の促進

LiDAR の可能性がより明確になる中で、設計エンジニアはこの高度なセンシング技術をシステムに統合するための最適な方法を選択する必要があります。まず、図 4 に示すように、LiDAR の光学設計において、送信経路にはレーザー ドライバ回路を、受信経路にはトランスインピーダンス アンプ (TIA) を設計する必要があります代替オプションとしては、受信信号チェーンにおいて、フォトダイオードとタイム・トゥ・デジタル コンバータの間に LMH34400 のような TIA を使用したシングルチップ設計を実装する方法や、TLV3801 のような高速コンパレータと組み合わせて設計を構築する方法があります。

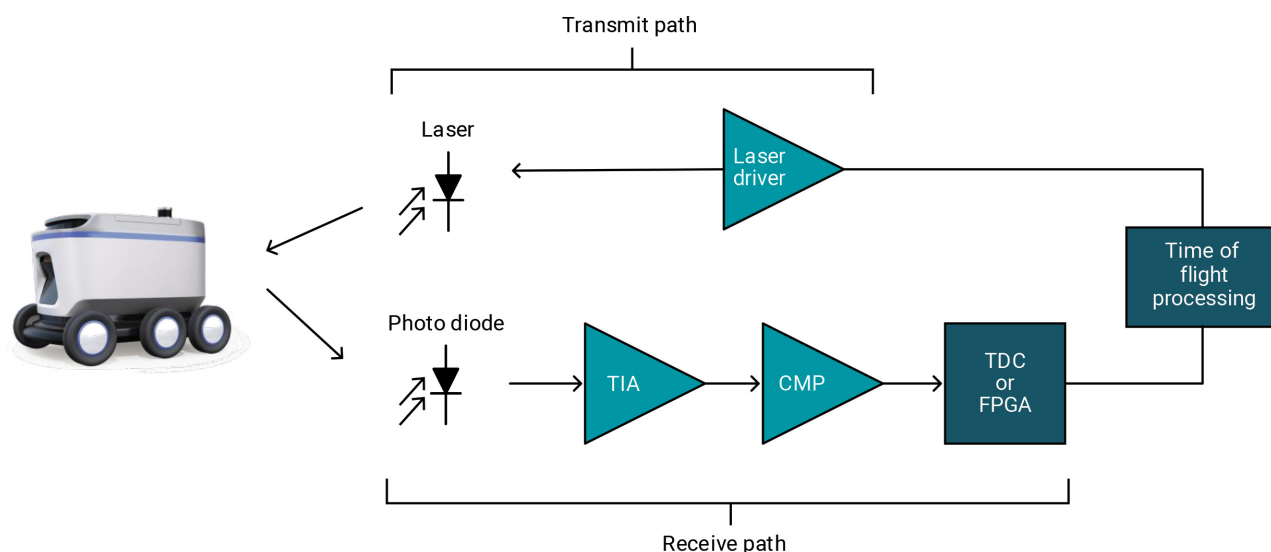


図 4. LiDAR 光学信号チェーンのブロック図

送信経路を設計する際は、**LMH13000 統合型レーザー ドライバ**を使用することで、連続モードとパルス モードの 2 種類の動作モードで高出力電流駆動が可能となり、外付けのディスクリート部品の必要性を最小限に抑えられます。この低電圧差動信号伝送制御の電流ソースは、温度変化に対して 2% のパルスばらつきを実現し、立ち上がり/立ち下がり時間は 800ps、最大動作周波数は 250MHz に対応します。LMH13000 は、パルス電流源として動作しながら、50mA ~ 5A の出力電流をサポートできます。

ナロー パルスと高出力電流駆動を組み合わせることで、目の安全基準を満たしつつ、測距距離を最大 30% 拡張できる高出力パルスが可能になります。性能の向上により、ロボットは障害物をより迅速かつ正確に検出できるようになり、リアルタイムでの意思決定が向上し、複雑な環境でも安全なナビゲーションが可能になります。

まとめ

LiDAR は、車載車両および産業用車両におけるモバイル自律化への道筋に不可欠な要素です。リアルタイムでの物体検出と衝突回避を可能にすることで、車両と人の安全性が向上します。映画に登場するような、日常の環境を自在に移動するリアルなモバイル ロボットは、私たちが思っているほど遠い未来の話ではないかもしれません。

その他の資料

- TI の**統合型 TIA** または**統合型レーザー ドライバ アンプ**を活用して、LiDAR の設計を今すぐ開始しましょう。
 - アプリケーション ノート『**Time of Flight と LiDAR — 光学フロントエンド設計**』とビデオ『**LiDAR パルス式 Time-of-Flight リファレンス デザインの概要**』をご確認ください。
 - **LiDAR およびタイム オブ フライト (ToF) アプリケーションのトランスインピーダンス帯域幅を最大化するリファレンス デザイン**をダウンロードしてください。
 - 『**車載用 LiDAR の概要**』ホワイト ペーパーをご覧ください。

商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用される テキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated